






**Method for identifying direction of rotation of wheel using Hall effect probes**

**Patent number:** DE19717364  
**Publication date:** 1998-08-27  
**Inventor:** DRAXELMAYR DIETER DR [AT]  
**Applicant:** SIEMENS AG [DE]  
**Classification:**  
- **international:** G01P13/04; G01B7/30; G01B101/10  
- **european:** G01D5/14B2; G01D5/245B; G01P13/04B  
**Application number:** DE19971017364 19970424  
**Priority number(s):** DE19971017364 19970424

**Also published as:**

 WO9848284 (A3)  
 WO9848284 (A2)  
 EP0977997 (A3)  
 EP0977997 (A2)  
 CA2287182 (A1)

**Abstract of DE19717364**

The method the use of Hall effect probes arranged in the peripheral direction of the wheel (1). They are arranged so that the second probe (15) is positioned centrally between the first (14) and the third (16) probes providing output signals (S1,S2,S3) respectively. Two evaluation signals are derived from the three output signals, the first (A) by subtracting output signal (S3) from (S1) and the second (B) by adding (S1) and (S3) from the sum of which double the value of (S2) is subtracted. One of the evaluation signals (A,B) is sampled passing through zero and the sign of the other checked. With reference to the sampled signal each sign is assigned a direction of rotation

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Patentschrift**  
⑩ **DE 197 17 364 C 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 01 P 13/04**  
G 01 B 7/30  
// G 01 B 101:10

②① Aktenzeichen: 197 17 364.0-52  
②② Anmeldetag: 24. 4. 97  
④③ Offenlegungstag: -  
④⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 27. 8. 98

DE 197 17 364 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:  
Draxelmayr, Dieter, Dr., Villach, AT

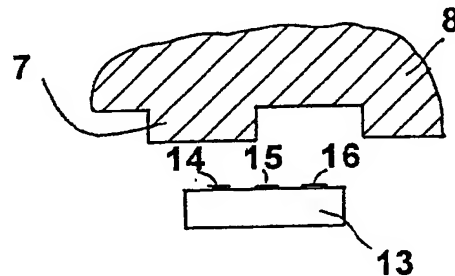
⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 41 04 902 A1  
DE 89 09 677 U1

JP-OS 5-288 763. In: Patent Abstr. of Japan,  
Vol. 18 (1994) Sect. 4;  
JP-OS 6-268 104. In: Patent Abstr. of Japan,  
(1996);

⑤④ Verfahren zur Erkennung der Drehrichtung eines Rades mittels Hall-Sonden

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung der Drehrichtung eines Rades (8) mittels Hall-Sonden (14 bis 16), die in der Umfangsrichtung des Rades (8) angeordnet sind. Dabei werden eine erste, eine zweite und eine dritte Hall-Sonde (14 bis 16) nacheinander angeordnet, so daß die zweite Hall-Sonde (15) in der Mitte zwischen der ersten und der dritten Hall-Sonde (14, 16) liegt. Aus den Ausgangssignalen (S1, S2, S3) der drei Hall-Sonden (14 bis 16) werden zwei Auswertesignale gewonnen, durch deren Vergleich die Drehrichtung des Rades (8) ermittelt wird.



DE 197 17 364 C 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erkennen der Drehrichtung eines Rades mittels Hall-Sonden, die in der Umfangsrichtung des Rades angeordnet sind.

In zahlreichen Fällen wird gewünscht, nicht nur die Position und Geschwindigkeit eines sich drehenden Rades, wie beispielsweise eines Zahnrades, sondern auch die Drehrichtung des Rades zu erfassen. Es wird also allgemein ein Sensor angestrebt, der in der Lage ist, die Position, Geschwindigkeit und Drehrichtung eines Rades festzustellen.

Zur Erfassung der Position und Geschwindigkeit eines Zahnrades gibt es bereits einen differentiellen dynamischen Hall-Sensor, der das Differenzfeld zwischen zwei räumlich versetzten Hall-Sonden mißt und dann besonders gute Ergebnisse liefert, wenn die Phasenlage zwischen den beiden, von den zwei Hall-Sonden erzeugten Signalen  $180^\circ$  beträgt. In diesem Fall befindet sich nämlich eine Hall-Sonde über einem Zahn des Zahnrades, während die andere Hall-Sonde über einer Lücke zwischen zwei Zähnen des Zahnrades liegt. Mit einem derartigen differentiellen dynamischen Hall-Sensor ist aber eine Erkennung der Drehrichtung des Zahnrades nicht möglich.

Zur zusätzlichen Erkennung der Drehrichtung eines Zahnrades ist nämlich noch eine weitere Phaseninformation erforderlich, die durch zwei um  $90^\circ$  zueinander versetzte Hall-Sensoren zur Verfügung gestellt werden kann, wie dies im folgenden unter Bezugnahme auf Fig. 5 und Fig. 6 erläutert wird.

Nach dem Stand der Technik werden beispielsweise zwei differentielle dynamische Hall-Sensoren 1, 2 mit jeweils zwei Hall-Sonden 3, 4 bzw. 5, 6 um einen viertel Zahnabstand versetzt zueinander bezüglich der Zähne 7 eines Zahnrades 8 angeordnet, wie dies in Fig. 5 gezeigt ist, so werden Ausgangssignale 9, 10 von den Hall-Sensoren 1 und 2 erhalten, die um eine viertel Periode zueinander verschoben sind: Wie in Fig. 6 dargestellt ist, kann dann die Abfallflanke des Ausgangssignales 9 des Hall-Sensors 1 dazu verwendet werden, um das Ausgangssignal 10 des Hall-Sensors 2 abzutasten. Bei in der Fig. 6 für eine Drehrichtung des Zahnrades 8 von links nach rechts verlaufenden Signalen 9, 10 fällt dann die Abfallflanke des Ausgangssignals 9 immer mit einem positiven Wert des Ausgangssignals 10 des Hall-Sensors 2 zusammen, wie dies durch Pfeile 11 angedeutet ist.

Wird nun die Drehrichtung des Zahnrades 8 umgekehrt, so ändert sich auch die Phasenzuordnung: Dies kann so gedacht werden, daß die "Zeit" nunmehr rückwärts abläuft, so daß die Ausgangssignale 9, 10 in der Fig. 6 von rechts nach links entstehen. Wird nun wieder das Ausgangssignal 10 des Hall-Sensors 2 mit der Abfallflanke des Ausgangssignals 9 des Hall-Sensors 1 abgetastet, so wird ein Signal erhalten, das stets negativ ist, da die Abfallflanke immer mit einem negativen Wert des Ausgangssignals 10 zusammenfällt, wie dies durch Pfeile 12 in Fig. 6 angedeutet ist.

Aus dem Vorzeichen des durch Abtastung des Ausgangssignals 10 mit dem Ausgangssignal 9 erhaltenen Signals kann also auf die Drehrichtung des Zahnrades 8 geschlossen werden. Es ist auch zu ersehen, daß eine um  $90^\circ$  versetzte Anordnung der Hall-Sensoren 1, 2 optimal ist, da dann ein maximaler Störabstand erhalten wird.

Aus der DE 89 09 677 U1 ist eine Dreherkennungsvorrichtung bekannt, bei der aus mindestens drei Hall-Sonden mittels zumindest zwei Differenz-Hall-ICs jeweils digitale Signalfolgen abgeleitet werden. Zur genauen Drehzahlenerkennung kann im Sinne einer höheren Auflösung die Frequenz des Ausgangssignales gegenüber der nur eines einzigen Differenz-Hall-ICs verdoppelt werden. Durch Phasenvergleich ist prinzipiell auch eine Drehrichtungserkennung

möglich.

Aus der DE 41 04 902 A1 sind ein Verfahren und eine Anordnung zur Erkennung einer Bewegungsrichtung, insbesondere einer Drehrichtung bekannt. Hierzu werden zwei um  $90^\circ$  phasenverschobene Signale, die aus zwei in Bewegungsrichtung einer Signalquelle versetzt angeordneten Empfängern abgeleitet werden, gebildet, indem die Ausgangssignale addiert und subtrahiert werden. Aus dem Vorzeichen der  $90^\circ$  Phasenverschiebung zwischen Summen- und Differenzsignal kann eindeutig die Drehrichtung bestimmt werden. Dieses Verfahren ist jedoch sehr empfindlich auf magnetische Gleichfelder. So kommt es zu einem Offset des Summensignals gegenüber dem Differenzsignal, welcher doppelt so groß wie das magnetische Gleichfeld ist, wodurch eine zuverlässige Weiterverarbeitung dieser Signale große Schwierigkeiten bereitet.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Richtungserkennung der Drehrichtung eines Rades mittels Hall-Sonden anzugeben, das eine zuverlässige Drehrichtungserkennung ermöglicht, ohne auf eine exakte Abstimmung zwischen Zahnabstand und Hall-Sondenabstand angewiesen zu sein. Insbesondere soll das Verfahren unempfindlich auf magnetische Gleichfelder sein.

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs.

Zur Durchführung des Verfahrens werden eine erste, eine zweite und eine dritte Hall-Sonde so angeordnet, daß die zweite Hall-Sonde in der Mitte zwischen der ersten und der dritten Hall-Sonde angeordnet wird. Es werden zwei um  $90^\circ$  verschobene Auswertesignale aus den Ausgangssignalen der ersten bis dritten Hall-Sonde gewonnen, wobei sich bei einer Änderung der Drehrichtung ein Vorzeichenwechsel des zweiten Auswertesignals in bezug auf das erste Auswertesignal ergibt.

Bei diesem Verfahren werden somit lediglich drei Hall-Sonden benötigt, die in einem Hall-Sensor untergebracht sein können. Mit diesem Sensor kann zuverlässig die Drehrichtung beispielsweise eines Zahnrades aus einem Vorzeichenwechsel des zweiten Auswertesignals ermittelt werden. Nachfolgend wird das Verfahren mit Hilfe der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines nach dem Stand der Technik bereits bekannten Sensors;

Fig. 2 Ausgangssignale der Hall-Sonden dieses bekannten Sensors;

Fig. 3 und 4 Schaltbilder der Auswertelektronik zur Gewinnung der Auswertesignale nach dem hier beschriebenen Verfahren;

Fig. 5 eine Anordnung mit zwei Hall-Sensoren nach dem Stand der Technik, und

Fig. 6 Ausgangssignale der Hall-Sonden dieser bekannten Hall-Sensoren.

Die Fig. 5 und 6 sind bereits eingangs erläutert worden.

In den Fig. 1 bis 4 werden für entsprechende Bauteile die gleichen Bezugszeichen wie in den Fig. 5 und 6 verwendet.

Fig. 1 zeigt einen bekannten Hall-Sensor 13, der Hall-Sonden 14, 15 und 16 aufweist, die in der Drehrichtung des Zahnrades 8 angeordnet sind, wobei die Hall-Sonde 15 in der Mitte zwischen den Hall-Sonden 14 und 16 vorgesehen ist. Die Hall-Sonden 14 bis 16 liefern bei Drehung des Zahnrades 8 Ausgangssignale S1 bis S3 (vergleiche Fig. 2), welche annähernd sinusförmig sind und deshalb auch so im folgenden behandelt werden. Der Hall-Sensor 14 liefert also das Ausgangssignal S1, das bei Durchgang des Zahnes 7 vor dem Hall-Sensor 14 einen Maximalwert hat, während eine Lücke zwischen den Zähnen 7 einen Minimalwert für die Ausgangssignale S1 ergibt. Gleiches gilt für das Ausgangssignal S2 der Hall-Sonde 15 bzw. für das Ausgangssignal S3

der Hall-Sonde 16.

Die Ausgangssignale S1 bis S3 können ohne weiteres mit Hilfe eines Komparators digitalisiert werden, so daß die Signale S1 bis S3 einen Verlauf entsprechend den Ausgangssignalen 9 und 10 in Fig. 6 annehmen. Im folgenden soll aber davon ausgegangen werden, daß die Signale analog weiterverarbeitet werden.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird ein erstes Auswertesignal A aus der Subtraktion des Ausgangssignals S3 vom Ausgangssignal S1 gewonnen. Ebenso wird ein zweites Auswertesignal B aus der Addition des Ausgangssignals S3 zum Ausgangssignal S1 und der Subtraktion des doppelten Ausgangssignals S2 von dieser Summe erhalten. Mit anderen Worten, es gelten die folgenden Beziehungen für die Auswertesignale A und B:

$$A = S1 - S3$$

$$B = S1 + S3 - 2 \cdot S2 \quad (1)$$

Für die Signale S1 bis S3 wird nun der oben vorausgesetzte sinusförmige Verlauf angenommen, wobei das Signal S2 um die Phase p und das Signal S3 um die Phase 2p zu dem Signal S1 verschoben sind. Mit t = Zeit und w = Winkelgeschwindigkeit des Zahnrades 8 ergibt sich dann:

$$\begin{aligned} S1 &= \sin(w \cdot t) \\ S2 &= \sin(w \cdot t + p) \\ S3 &= \sin(w \cdot t + 2 \cdot p) \end{aligned} \quad (2)$$

Aus dem Gleichungssystem (2) werden nach einigen Umformungen mit Hilfe der Gleichungen (1) die folgenden Beziehungen abgeleitet:

$$A = -2 \cdot \sin(p) \cdot \cos(w \cdot t + p) \quad (3)$$

$$B = 2 \cdot (\cos(p) - 1) \cdot \sin(w \cdot t + p) \quad (4)$$

Aus den Gleichungen (3) und (4) ist zu ersehen, daß die beiden Auswertesignale A und B unabhängig von dem Wert der Phase p immer eine Phasenverschiebung von 90° zueinander aufweisen. Das heißt, unabhängig davon, ob der Hall-Sensor 13 genau zu dem Zahnrad 8 paßt, entsteht immer ein "Phasensystem" mit 90°, bei dem im Nulldurchgang der Schwingung des einen Auswertesignals die Schwingung des anderen Auswertesignals ihr Maximum annimmt.

So ist beispielsweise bei einem ansteigenden Nulldurchgang des Auswertesignals A der Wert  $\cos(w \cdot t + p) = 0$  gegeben, während im Auswertesignal B dann der Wert  $\sin(w \cdot t + p) = 1$  vorliegt.

Dennoch ist eine möglichst genaue Abstimmung zwischen dem Abstand der Hall-Sonden des Hall-Sensors 13 und den Abständen der Zähne 7 des Zahnrades 8 von Vorteil, da dann die Schwingungsamplituden der Auswertesignale A und B ihr Maximum annehmen.

Wird nun, wie oben erläutert, berücksichtigt, daß einer Umkehrung der Drehrichtung des Zahnrades 8 ein Vorzeichenwechsel der Zeit entspricht, so werden aus den Gleichungen (3) und (4) die folgenden Beziehungen erhalten:

$$A = -2 \cdot \sin(p) \cdot \cos(w \cdot t - p) \quad (5)$$

$$B = -2 \cdot \cos(p) - 1 \cdot \sin(w \cdot t - p) \quad (6)$$

Die so entstehenden Signale sind also sehr ähnlich zu den Signalen entsprechend den Gleichungen (3) und (4), wobei ein Unterschied lediglich in dem negativen Vorzeichen im Signal B vorliegt. Dies bedeutet aber, daß bei Abtastung im

Nulldurchgang des Signals A das Vorzeichen des Signals B im Vergleich zu vorher bei einer Umkehr der Drehrichtung invertiert ist, so daß eine eindeutige Richtungserkennung aus dem Vorzeichen des Auswertesignals B in bezug auf das Auswertesignal A feststellbar ist. Schaltungstechnisch kann dies beispielsweise mit einem D-Flip-Flop realisiert werden, bei welchem nach einer Digitalisierung das Signal A am Takt-Eingang und das Signal B am D-Eingang anliegen.

Das Verfahren ermöglicht also mit lediglich drei Hall-Sonden auf einem Hall-Sensor eine zuverlässige Erkennung der Umkehr der Drehrichtung eines Zahnrades.

Für die Erzeugung der Auswertesignale A und B können an sich ohne weiteres Operationsverstärker-Schaltungen eingesetzt werden. Es sind aber auch Transistorschaltungen möglich, wie diese in den Fig. 3 und 4 gezeigt sind. In diesen Fig. 3 und 4 bedeutet S1p und S1n die Ausgangssignale der Hall-Sonde 14, S2p und S2n die Ausgangssignale der Hall-Sonde 15 und S3p und S3n die Ausgangssignale der Hall-Sonde 16.

In der Schaltung von Fig. 3 mit den Ausgangsanschlüssen 17 und 18 wird das Ausgangssignal A erhalten, während mit der Schaltung von Fig. 4 mit den Ausgangsanschlüssen 19 und 20 das Auswertesignal B gewonnen wird.

In den Schaltungen der Fig. 3 und 4 sind die Hall-Sonden 14, 15, 16 mit den jeweiligen Differenzverstärkern dieser Schaltungen so verschaltet, daß zur Ansteuerung nur Differenzfelder herangezogen werden, während eine große überlagerte magnetische Vorspannung nur eine Gleichtaktverschiebung bewirkt, die wirksam und ohne nennenswerte Nebeneffekte unterdrückt wird.

Schaltungen, die zu den in den Fig. 3 und 4 gezeigten Schaltungen ähnlich sind, wurden bereits beschrieben. Selbstverständlich können aber auch andere Schaltungen zur Gewinnung der Auswertesignale A und B herangezogen werden, wozu bereits oben auf die entsprechenden Operationsverstärker-Schaltungen hingewiesen wurde.

#### Patentansprüche

Verfahren zum Erkennen der Drehrichtung eines Rades (8) mittels Hall-Sonden (14, 15, 16), die in der Umfangsrichtung des Rades (8) angeordnet sind, über zueinander phasenverschobene Auswertesignale, dadurch gekennzeichnet,

- daß eine erste, zweite und dritte Hall-Sonde (14, 15, 16) nacheinander angeordnet werden, wobei die zweite Hall-Sonde (15) in der Mitte zwischen der ersten und der dritten Hall-Sonde (14, 16) angeordnet wird, und jeweils ein Ausgangssignal (S1, S2, S3) der ersten bis dritten Hall-Sonden (14, 15, 16) gewonnen wird,
- daß zwei Auswertesignale (A, B) aus den Ausgangssignalen (S1, S2, S3) der drei Hall-Sonden (14, 15, 16) gewonnen werden, wobei zur Gewinnung des ersten Auswertesignals (A) das Ausgangssignal (S3) der dritten Hall-Sonde (16) vom Ausgangssignal (S1) der ersten Hall-Sonde (14) subtrahiert wird, und wobei zur Gewinnung des zweiten Auswertesignals (B) das Ausgangssignal (S1) der ersten Hall-Sonde (14) zum Ausgangssignal (S3) der dritten Hall-Sonde (16) addiert und von der so erhaltenen Summe das doppelte Ausgangssignal (S2) der zweiten Hall-Sonde (15) subtrahiert wird,
- daß eines der Auswertesignale (A, B) im Nulldurchgang abgetastet wird, und
- daß das Vorzeichen des jeweils anderen Auswertesignals (A, B) überprüft wird, wobei jedem

Vorzeichen in Bezug auf das im Nulldurchgang  
abgetastete Auswertesignal jeweils eine Drehrich-  
tung fest zugeordnet ist.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

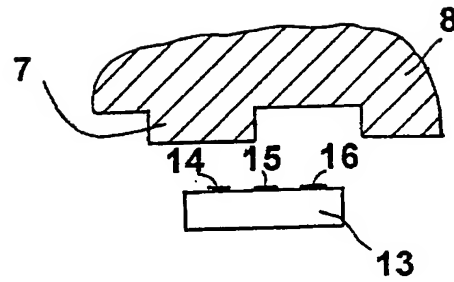


FIG. 1

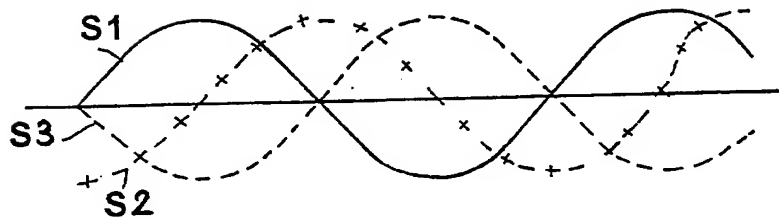


FIG. 2

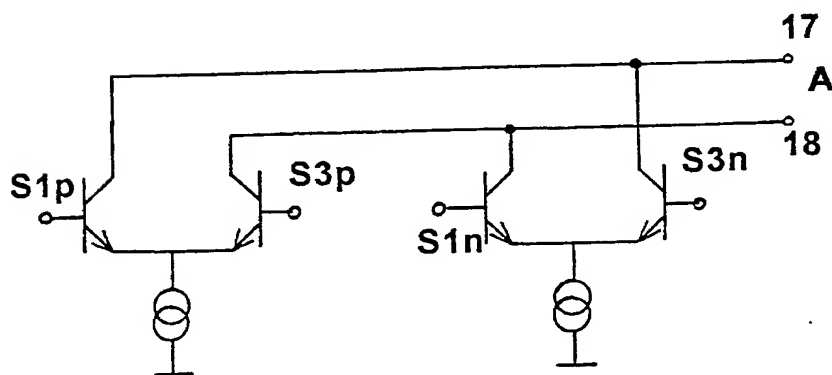


FIG. 3

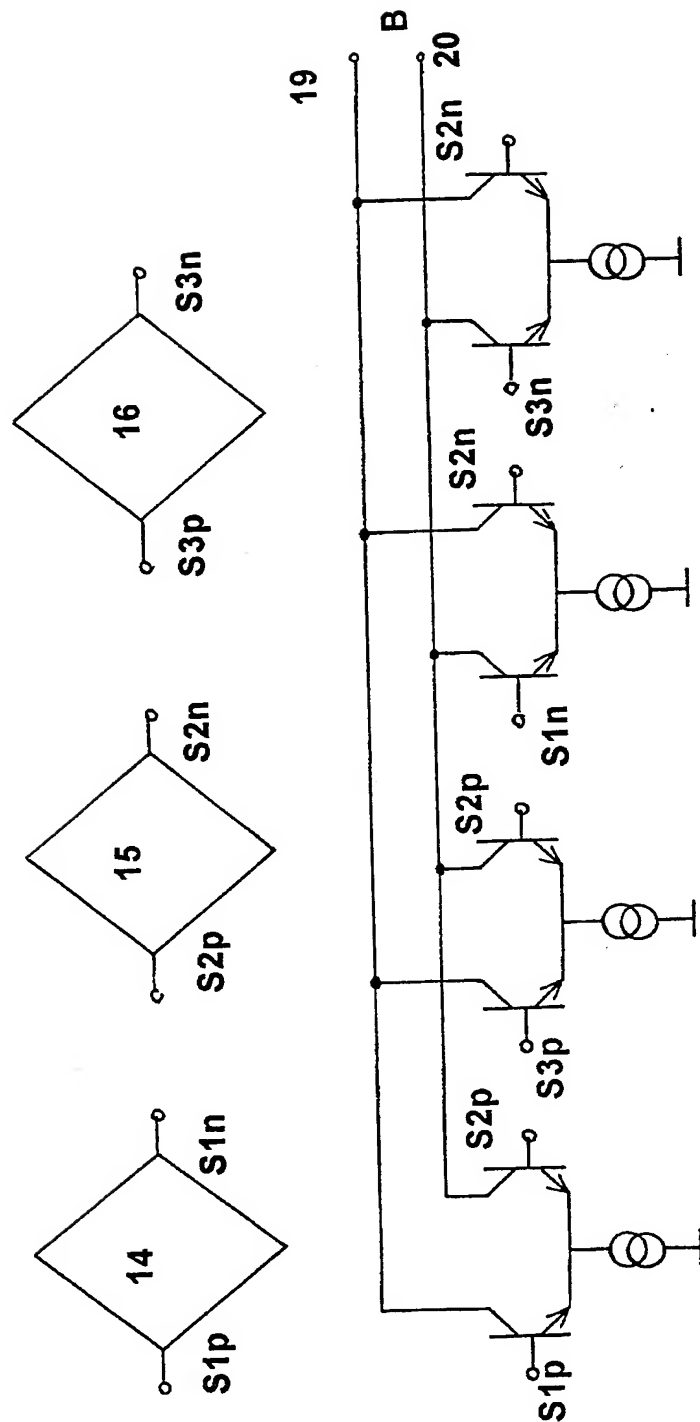


FIG. 4



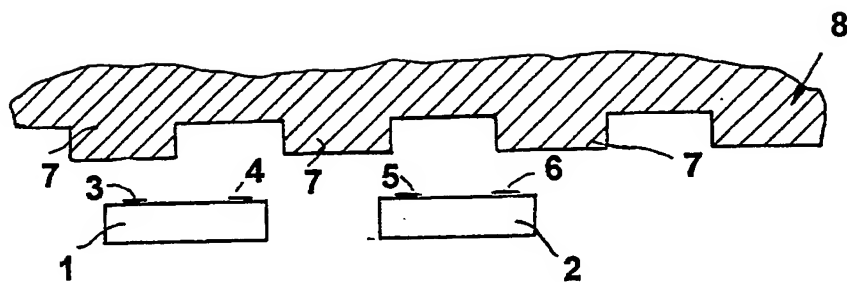


FIG. 5

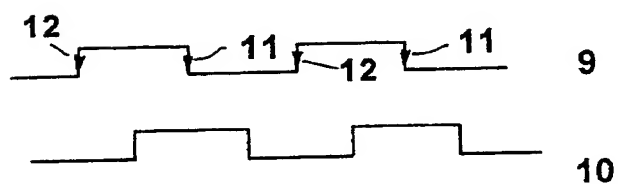


FIG. 6